

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-322456

(43)Date of publication of application : 24.11.2000

(51)Int.Cl.

G06F 17/50  
G01R 31/26  
H01L 29/00  
H01L 29/78  
H01L 21/336

(21)Application number : 11-127930

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 10.05.1999

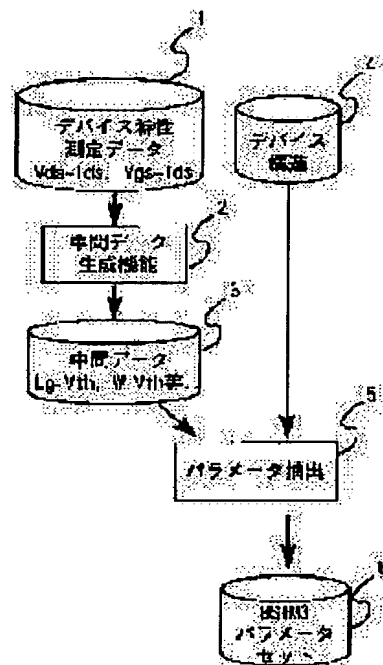
(72)Inventor : MIYAMA MIKAKO  
KANBARA SHIRO

## (54) METHOD AND DEVICE FOR EXTRACTING MODEL PARAMETER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an extracting method for extracting the value of a parameter with high physical property in the case of extracting the model parameter of BSIM3 as one of MOS models.

**SOLUTION:** Concerning this extracting method, intermediate data 2 such as the short channel effect, narrow channel effect, substrate effect, sub-threshold swing characteristics or surface punch through characteristics of a device from data 1 of measured  $V_{ds}-I_{ds}$  and  $V_{gs}-I_{ds}$ . Parameter values corresponding to respective characteristics are extracted 5 from the value of the generated intermediate data and separately measured device structure data 4. Thus, the model parameter can be extracted even the value of high physical property and when one part of device conditions is changed, changed characteristics can be accurately predicted only by changing the parameter value corresponding to the changed conditions on the basis of the extracted parameter value.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-322456  
(P2000-322456A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

G 0 6 F 17/50  
G 0 1 R 31/26  
H 0 1 L 29/00  
29/78  
21/336

G 0 6 F 15/60  
G 0 1 R 31/26  
H 0 1 L 29/00  
29/78

6 6 6 L 2 G 0 0 3  
B 5 B 0 4 6  
5 F 0 4 0  
3 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-127930

(22) 出願日 平成11年 5 月10日 (1999. 5. 10)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 見山 美可子

東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株  
式会社日立製作所半導体グループ内

(72) 発明者 蒲原 史朗

東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株  
式会社日立製作所半導体グループ内

(74) 代理人 100061893

弁理士 高橋 明夫 (外 1 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モデルパラメータ抽出方法及び装置

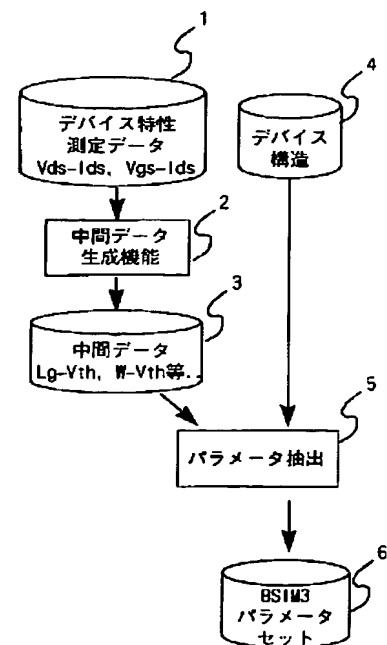
(57) 【要約】

【課題】 MOSモデルの 1 つである B S I M 3 のモデルパラメータ抽出に際して、物理性の高いパラメータの値を抽出するための抽出方法を提供する。

【解決手段】 測定した  $V_{ds}-I_{ds}$  と  $V_{gs}-I_{ds}$  のデータ 1 から、デバイスの短チャネル効果、狭チャネル効果、基板効果、サブスレッショルドスイング特性、サーフェスパンチスルー特性等の中間データ 2 を生成する。生成した中間データの値と別途測定したデバイス構造データ 4 からそれぞれの特性に対応したパラメータ値の抽出 5 を行う。

【効果】 物理性の高い値でモデルパラメータを抽出することができ、一部のデバイス条件を変更した場合、抽出したパラメータ値を基に、変更した条件に対応したパラメータ値を変更するだけで精度よく変更後の特性を予測できる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】測定したMOSFETのデバイス特性測定データと、前記MOSFETのデバイス構造データとから回路シミュレーション用のMOSFETモデルのパラメータ値を抽出するモデルパラメータ抽出方法において、

前記デバイス特性測定データから所定のデバイス特性に関するデバイス特性中間データを生成し、生成された前記デバイス特性中間データと前記デバイス構造データとから、前記所定のデバイス特性に関して予め割り当てられている前記MOSFETモデルの各モデルパラメータに対するパラメータ値をそれぞれ独立に抽出することを特徴とするモデルパラメータ抽出方法。

【請求項2】前記デバイス特性測定データは、複数のサイズの前記MOSFETから測定した $V_{ds}-I_{ds}$ 特性および $V_{gs}-I_{ds}$ 特性の静特性データであり、前記所定のデバイス特性中間データは、しきい値電圧のチャンネル長依存性、しきい値電圧のチャンネル幅依存性、しきい値電圧の基板電圧依存性、サブスレッショルドス

ィングのチャンネル長依存性、サーフェスパンチスルーのチャンネル長依存性の各データである請求項1に記載のモデルパラメータ抽出方法。

【請求項3】測定したMOSFETのデバイス特性測定データを入力し、格納しておく測定データ入力部と、測定したMOSFETのデバイス構造データを入力し、格納しておくデバイス構造データ入力部と、測定データ入力部に格納されたデバイス特性測定データから所定のデバイス特性中間データを生成する中間データ生成部と、

生成された前記所定のデバイス特性中間データとデバイス構造データ入力部に格納されているデバイス構造データとから、前記所定のデバイス特性に関して予め割り当てられている前記MOSFETモデルの各パラメータに対するパラメータ値をそれぞれ独立に抽出するパラメータ抽出部と、

前記測定したMOSFETの回路シミュレーション用に、前記パラメータ抽出部で抽出された各モデルパラメータの値の一式を出力するパラメータセット出力部と、を少なくとも有することを特徴とするモデルパラメータ抽出装置。

【請求項4】前記デバイス特性測定データと、前記パラメータ抽出部で抽出されたパラメータ値を用いてシミュレーションしたデバイス特性のシミュレーション結果とを比較表示する第1の表示部と、

前記中間データと、前記パラメータ抽出部で抽出されたパラメータ値を用いてシミュレーションしたデバイス中間特性のシミュレーション結果とを比較表示する第2の表示部と、をさらに有する請求項3に記載のモデルパラメータ抽出装置。

【請求項5】前記デバイス特性測定データは、複数のサ

イズの前記MOSFETから測定した $V_{ds}-I_{ds}$ 特性および $V_{gs}-I_{ds}$ 特性の静特性データであり、前記所定のデバイス特性中間データは、しきい値電圧のチャンネル長依存性、しきい値電圧のチャンネル幅依存性、しきい値電圧の基板電圧依存性、サブスレッショルドスィングのチャンネル長依存性、サーフェスパンチスルーのチャンネル長依存性の各データである請求項3又は請求項4に記載のモデルパラメータ抽出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回路シミュレーションに用いるMOSFET（以下、MOSと称する）モデルパラメータの抽出方法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、MOSモデルの1つとしてカリフォルニア大学バークレー校（以下、UCBと称する）の開発したBSIM3モデルがあり、国際的な標準モデルとしての位置を確立しつつある。このモデルの特徴は、短チャンネル効果、狭チャンネル効果、基板効果等のMOSの物理現象をあらわしたモデル式を用いているため、物理性の高いモデルとなっていることである。

【0003】しかし、モデル自体の物理性が高くて、パラメータの抽出方法によってはパラメータの値自体が物理現象に則さないものになる。従来のモデルパラメータ抽出方法としては、図16の概要処理フローに示すようなモデルパラメータの抽出方法がある。複数のサイズのMOSデバイスの $V_{ds}-I_{ds}$ （ドレイン、ソース間の電圧に対するドレイン電流）特性と $V_{gs}-I_{ds}$ （ゲート、ソース間の電圧に対するドレイン電流）特性を測定し、それらの測定波形に合うようにモデルパラメータの値を抽出するものである。この抽出方法は、「BSIM3 v3 マニュアル」の6章の記載によれば、パラメータを3つずつ選択し、上記 $V_{ds}-I_{ds}$ 特性、 $V_{gs}-I_{ds}$ 特性の測定波形との誤差が最小になるようにモデルパラメータを決める方法である。

【0004】すなわち、図16に示すように、測定された $V_{ds}-I_{ds}$ 特性および $V_{gs}-I_{ds}$ 特性のデバイス特性測定データ1と、測定に用いたMOSのデバイス構造データ4とから、測定により得られた上記電圧-電流特性の波形に合うようにモデルパラメータの値を抽出するパラメータ抽出処理5を行い、回路シミュレーションに用いるBSIM3のモデルパラメータセット6を求めめるものである。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来のモデルパラメータ抽出方法では、測定したデバイスの特性と、抽出したモデルパラメータの値を用いてシミュレーションした特性結果とは一致するものの、それぞれのモデルパラメータの値がモデルパラメータの本来意味する物理現象を示す値となっている保証がない。

【0006】さらに、上記シミュレーションではフィッティングパラメータも使用して波形のあわせ込みをしている。そのため、抽出したモデルパラメータを基にチャネル長、しきい値等のデバイスの条件を変えたときの特性を、対応するモデルパラメータを変えて計算することによって推定しようとしても、実際のデバイスの特性とは大きく異なってしまうという問題があった。

【0007】そこで、本発明の目的は、特定のデバイス条件で抽出したモデルパラメータであるにもかかわらず、一部のデバイス条件を変更した場合には、その条件に対応したモデルパラメータの値を変更するだけで、変更後のデバイス特性を精度良く予測できるモデルパラメータ抽出方法及び装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係るモデルパラメータ抽出方法は、回路シミュレーションを行うときに使用するMOSデバイスのモデルパラメータの値を抽出する方法において、複数のサイズのMOSデバイスから測定した $V_{ds}-I_{ds}$ 特性と $V_{gs}-I_{ds}$ 特性から、デバイスの短チャネル効果、狭チャネル効果、基板効果、サブスレッショルドスイング特性、サーフェスパンチスルー特性等のデバイス特性の中間データを生成し、この中間データのそれぞれのデバイス特性に対応するモデルパラメータの値を独立に決めることを特徴とする方法である。

【0009】また、本発明に係るモデルパラメータ抽出装置は、測定したMOSのデバイス特性測定データを入力し、格納しておく測定データ入力部と、測定したMOSのデバイス構造データを入力し、格納しておくデバイス構造データ入力部と、測定データ入力部に格納されたデバイス特性測定データから所定のデバイス特性中間データを生成する中間データ生成部と、生成された所定のデバイス特性中間データとデバイス構造データ入力部に格納されているデバイス構造データとから、所定のデバイス特性に関して予め割り当てられているMOSデバイスモデルの各モデルパラメータに対するパラメータ値をそれぞれ独立に抽出するパラメータ抽出部と、測定したMOSの回路シミュレーション用に、パラメータ抽出部で抽出された各モデルパラメータの値の一式を出力するパラメータセット出力部と、を少なくとも有することを特徴とするものである。

【0010】また、上記したモデルパラメータ抽出装置において、デバイス特性測定データと、パラメータ抽出部で抽出されたパラメータ値を用いてシミュレーションしたデバイス特性のシミュレーション結果とを比較表示する第1の表示部、すなわち測定結果・シミュレーション結果表示部と、中間データと、パラメータ抽出部で抽出されたパラメータ値を用いてシミュレーションしたデバイス中間特性のシミュレーション結果とを比較表示する第2の表示部、すなわち中間データ・シミュレーション

ン結果表示部と、をさらに設ければ好適である。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るモデルパラメータ抽出方法及び装置の好適な実施形態について、具体的な実施例を用いて説明する。

【0012】図1は、本発明に係るモデルパラメータの抽出方法を示す概要処理フロー図である。本実施例のモデルパラメータ抽出方法は、UCBが開発したBSIM3モデルの静特性のモデルパラメータに使用するモデルパラメータ一式、すなわちモデルパラメータセット6を抽出する方法である。なお、図1では、図16に示した従来の概要処理フローと同じ部分には同じ参照符号を付してある。

【0013】この処理フローの概要を説明すれば、以下の通りである。まず、ハードディスク等の記憶装置に格納された $V_{ds}-I_{ds}$ 特性、 $V_{gs}-I_{ds}$ 特性のデバイス特性測定データ1からデバイスの短チャネル効果、狭チャネル効果、基板効果、サブスレッショルドスイング特性、サーフェスパンチスルー特性等のデバイス特性の中間データを生成する中間データ生成機能2の処理を実行し、得られたデバイス特性の中間データ3を中間ファイルとしてハードディスク等の記憶装置に格納する。次に、この中間ファイルに格納されているデバイス特性の中間データ3と、同じくハードディスク等の記憶装置に格納されているチャネル長、酸化膜厚、プロファイル等の別途測定されているMOSのデバイス構造に関連したデバイス構造データ4とからBSIM3モデルの各モデルパラメータを抽出してモデルパラメータセット6を得る。なお、デバイス特性データやデバイス構造データは、予めカーブトレーサやテスト等の公知のデバイス特性測定装置や、走査型電子顕微鏡(SEM)等の公知の分析装置で別途測定しておくものとする。

【0014】上記したようなデバイス特性の中間データ生成処理2と、生成された中間データ3を中間ファイルとして記憶装置に格納し、中間データ3とデバイス構造データ4を用いてパラメータ抽出を行う処理フローが追加されている点が、従来例の図16に示した処理フローと相違する。

【0015】以下、各モデルパラメータの抽出方法を、図17及び図2～図14を用いて、更に詳細に説明する。ここで、図17は分類されたモデルパラメータと、抽出するモデルパラメータ等を示す一覧表であり、図2～図13はモデルパラメータを抽出するための中間データ3のデバイス特性とシミュレーション結果の特性とをそれぞれ示し、各図中の四角内に示した記号は図示した特性から抽出するモデルパラメータ名を示している。

【0016】本実施例では、予め階層的にグループ分けされたBSIM3モデルパラメータに対して、中間ファイルに格納されている中間データ3や、デバイス構造データ4からモデルパラメータの値を決める。以下、モデ

10

20

30

40

50

ルパラメータ分類方法および抽出方法を詳細に説明する。

【0017】まず、BSIM3のモデルパラメータを階層的に分類する方法を述べる。最初にモデルパラメータを、物理現象パラメータ、プロセスパラメータ、定数パラメータ、フィッティングパラメータの4つのグループに分類する。そして、図17の「パラメータ種類」の列に示すように、物理現象パラメータのグループについては、しきい値に関するモデルパラメータと電流に関するモデルパラメータの2つのグループに細分化する。

【0018】さらに、しきい値に関するモデルパラメータを、短チャネル効果、狭チャネル効果、基板効果、サブスレッショルドスイング特性、サーフェスパンチスルー特性という物理現象を表す物理的意味のあるモデルパラメータのグループに細分化する。

【0019】また、電流に関するモデルパラメータについても物理的意味のある長チャネル特性、短チャネル特性、狭チャネル特性に関するモデルパラメータに分けた。

【0020】2つ目のグループのプロセスパラメータについては、構造に関するモデルパラメータとプロセスプロファイルに関するモデルパラメータの2つのグループに細分化し、更に構造に関するモデルパラメータについては、図17の表中の「物理的意味」の列に示したように、実際のチャネル長に関するモデルパラメータと酸化膜厚に関するモデルパラメータに分けた。

【0021】3つ目のグループの定数パラメータについては、移動度に関するモデルパラメータと飽和速度に関するモデルパラメータに分けた。

【0022】そして、4つ目のグループのフィッティングパラメータには、上記以外のモデルパラメータを含めた。

【0023】以上のように、BSIM3のモデルパラメータを階層的に分類した。なお、図17の表中には、「物理的意味」の列に示した物理現象に対応して抽出するモデルパラメータのパラメータ名と、そのモデルパラメータを抽出するのに必要なデバイス特性も示してある。

【0024】次に、モデルパラメータ抽出方法について述べる。物理現象パラメータのグループのモデルパラメータ抽出方法は、まず、複数のデバイスから $V_{ds}-I_{ds}$ 特性と $V_{gs}-I_{ds}$ 特性を測定する。この時、 $V_{ds}-I_{ds}$ 特性については基板電圧をかけたものとかけないものを、 $V_{gs}-I_{ds}$ 特性についてはドレインソース間電圧が低いものと高いものの2通りずつの条件で測定する。そして、測定したデータから一連のデバイスの物理現象を解析し、その解析結果からパラメータ値を抽出する。

【0025】最初に、測定したデータからしきい値についての現象を解析し、その解析結果からパラメータ値を

抽出する方法を以下に示す。

【0026】基板効果については、長チャネルデバイス（例えば、チャネル長 $10\mu m$ 以上のデバイス）の基板電圧 $V_{bs}$ を変えたときの、しきい値 $V_{th}$ をプロット（図2）し、同時にBSIM3モデルの基板効果を表す項（図18に示した式（1）の1, 2行目。式（1）はBSIM3v3マニュアルの式（2. 1. 25）に対応する。）を計算し、図2に示すように、実測値と計算値の両者が一致するようにBSIM3のモデルパラメータ $V_{TH0}$ ,  $K1$ ,  $K2$ の値を決める。

【0027】なお、図2で、点は実測値、線は計算値を示し、以下の図面でも同様である。また、図18～図21に示す本実施例で使っている式は全て、BSIM3v3マニュアルの式を引用したものである。

【0028】サブスレッショルドスイング特性については、チャネル幅が同じでチャネル長 $L$ の異なるデバイスの $V_{gs}-I_{ds}$ 特性から、ゲートソース間電圧 $V_{gs}$ の小さいところでの波形の傾きを計算し、チャネル長 $L$ に対する傾き、すなわちサブスレッショルドスイング $S$ をプロットする（図3）。また、基板電圧 $V_{bs}$ を変えたものについても同様の処理をする。図3の場合、基板電圧 $V_{bs}=0$ と $V_{bs}=-V_{cc}$ とした。ここで $V_{cc}$ は電源電圧である。そして、サブスレッショルドスイング特性をあらわすモデル式（図19に示した式（2）。式（2）はBSIM3v3マニュアルの式（2. 7. 3）に対応する。）を計算し、図3に示すように、両者が合うようにBSIM3のモデルパラメータ $CDSC$ ,  $CDSCD$ ,  $CDSCB$ ,  $DVT1$ ,  $NFACTOR$ の値を決める。

【0029】短チャネル効果については、チャネル幅 $W$ が同じでチャネル長 $L$ の異なる複数のデバイスの $V_{gs}-I_{ds}$ 特性（ドレイン電圧の低いもの、例えば、 $0.05V$ ）からそれぞれのしきい値 $V_{th}$ を計算して、チャネル長 $L$ に対するしきい値 $V_{th}$ の値をプロットする（図4）。また、基板電圧 $V_{bs}$ を変えたものについても同様の処理をする。図4の場合、基板電圧 $V_{bs}=0$ と $V_{bs}=-V_{cc}$ とした。そして、同時にBSIM3モデルの短チャネル効果を表す項（図18に示した式（1）の3, 6行目。）を計算し、図4に示すように、両者が一致するようにBSIM3のモデルパラメータ $NLX$ ,  $DVT0$ の値を決める。

【0030】サーフェスパンチスルー特性（ $DIBL$ : Drain Induced Barrier Lowering特性）については、チャネル幅の同じデバイスの $V_{gs}-I_{ds}$ 特性からドレインソース間電圧 $V_{ds}$ が異なるしきい値の差 $DIBL$ を取り、チャネル長 $L$ に対してプロットする（図5）。また、基板電圧 $V_{bs}$ を変えたものについても同様の処理をする。図5の場合、基板電圧 $V_{bs}=0$ と $V_{bs}=-V_{cc}$ とした。そして、モデル式のしきい値のサーフェスパンチスルー特性を表す項（図18に示した

式(1)の7行目)を計算し、図5に示すように、両者が一致するようにBSIM3のモデルパラメータDSUB, ETA0, ETABの値を決める。

【0031】狭チャネル効果については、チャネル長が同じでチャネル幅の異なるデバイスの、チャネル幅Wに対するしきい値Vthの値をVgs-ID特性から解析してプロットする(図6)。また、基板電圧を変えたものについても同様の処理をする。そして、モデル式の狭チャネル効果を表す項(図18に示した式(1)の4行目)を計算し、図6に示すように、両者が一致するようにBSIM3のモデルパラメータK3, K3B, W0の値を決める。

【0032】次に、物理現象のグループの電流を決めるパラメータとその抽出方法を以下に記載する。バルクチャージ効果については、長チャネルデバイスのVds-ID特性から決めることができる。この効果に関するBSIM3のモデルパラメータには、A0, AGS, KETAがある。モデルパラメータA0, AGSは、長チャネルデバイスのVds-ID特性(基板電圧0V)が、モデル式(図20に示した式(3)と式(4)。式(3)はBSIM3v3マニュアルの式(3.6.1)に対応し、式(4)はBSIM3v3マニュアルの付録BのB.1.6ドレイン電流の式の頁B-5中に記載されている式に対応する。)を計算した値と一致するように決める(図7)。また、モデルパラメータKETAは、Vds-ID特性(基板電圧をかけたもの)がモデル式の式(3)と式(4)を計算した値と一致するように決める(図7)。

【0033】短チャネルの電流を決める項目としては、実効チャネル長と寄生抵抗がある。このうち、実効チャネル長LeffはBSIM3のモデルパラメータLIN Tで決まり、その抽出方法についてはチャーン(Chern)より提案された方法を用いて求める(1980年のアイ・イー・イー・イー エレクトロニクスデバイスレター EDL-1, No.9の第170頁から173頁(IEEE Electron Device Letter, VOL. EDL-1, NO.9, SEPTEMBER, 1980, pp.170-173, 「A New Method To Determine MOSFET Channel Length」))。すなわち、チャネル幅Wが同じで、チャネル長Lの異なる複数のMOSトランジスタのドレイン-ソース間電圧Vdsが低い電圧、例えば、Vds=0.1Vでのドレイン-ソース間抵抗R(=Vds/Ids)を測定し、チャネル長Lに対して抵抗Rをプロットすることにより $\Delta L = 2dL$ を求め(図8)、これにより、 $Leff = L - 2dL$ から実効チャネル長Leffが求まる。そして、上記測定により求めたdLとモデル式のdL(図21に示した式(10)。式(10)はBSIM3v3マニュアルの式(2.8.4)に対応する。)とが一致するようにモデルパラメータLINTの値を決める。

【0034】寄生抵抗RDSWの値については、短チャ

ネルデバイスのVds-ID特性が、図9に示すように、測定値とモデル式(図20の式(3)と式(4))で計算した値とで一致するように決める。

【0035】狭チャネルの電流を決める項目については、実効チャネル幅がある。実効チャネル幅Weffは、BSIM3のモデルパラメータWINTによって決まる。WINTの値については、図10に示すように、狭チャネルデバイスのVds-ID特性がモデル式(図20の式(3)と式(4))を計算した値と一致するように決める。

【0036】次に、2つめのグループであるプロセスパラメータの抽出方法を述べる。まず、構造に関するパラメータの抽出方法を示す。ゲート電極のチャネル長Lについては、特にBSIM3のモデルパラメータには含まれていないが、プロセスパラメータを抽出する上で重要であるので、他の構造パラメータ抽出時に決定する。上記チャネル長Lについては、図11に示すように、モデルパラメータを抽出した測定デバイスの断面のSEM写真から実際の寸法Lを測定してその値を用いる。

【0037】酸化膜厚TOXについては、光学的に測定した膜厚ではなく、実効的な酸化膜厚を使用するため、図12に示すように、デバイスのゲートに電圧VgsをかけてC-V測定をし、反転(inversion)領域(ゲートに高い電圧をかけた領域)における容量値Cより酸化膜厚TOXを抽出する。

【0038】プロセスプロファイルに関するモデルパラメータには、チャネル濃度NCH、基板濃度NSUB、チャネルイオン打込み(チャネルインプラ)の深さXTがあり、それぞれ上記の基板効果に関するモデルパラメータK1, K2を用いて図21に示した式(5)～式(9)により計算する。式(5)は一般的なしきい値の式であり、例えば、S.M. ジー著(南日康夫、他の翻訳による)「半導体デバイス-基礎理論とプロセス技術-」(産業図書株式会社発行)の201頁に記載の式(69)に対応する。また、式(6)と式(7)はBSIM3v3マニュアルの式(2.1.5)と式(2.1.6)から、式(8)は同マニュアルの式(2.1.9)から、式(9)は同マニュアルの式(2.1.8)からそれぞれ導出したものである。

【0039】次に、3つめのグループ定数に関するパラメータの抽出方法を示す。移動度に関するパラメータについては、デバイスTEG(Test Element Group)を使って、図13に示すように、電界Eeffと移動度の関係を測定する。そして、モデル式(BSIM3v3マニュアルの式(2.2.4)と式(2.2.4))と測定値が一致するようにBSIM3のモデルパラメータU0(=μ0), UA, UB, UCの値を抽出する。

【0040】また、飽和速度に関しては物理定数として扱い、その値としては一般的な値の $1 \times 10^5 \text{ m/s}$ を用いる。

【0041】上記に述べた以外のモデルパラメータは、図17に示した4つ目のグループのフィッティングパラメータとして分類し、特に抽出はせずに未使用とするか、デフォルト値のまま使う。

【0042】次に、上述した各モデルパラメータの抽出順序について、図14のフローチャートを参照しながら述べる。まず、ステップS1で、実寸チャンネル長L、酸化膜厚TOX、移動度、飽和速度に関するモデルパラメータの値を決める。この中で抽出順序は任意とする。

【0043】次に、ステップS2で、実効チャンネル長 $L_{eff}$ に関するモデルパラメータを抽出する。

【0044】しきい値 $V_{th}$ を決めるモデルパラメータの値を、ステップS3～ステップS7の順で、すなわち、基板効果、サブスレッショルドスイング特性、サーフェスパンチスルー特性、短チャンネル効果、狭チャンネル効果に関するモデルパラメータの順番で抽出する。

【0045】さらに電流に関するモデルパラメータの値を、ステップS8～ステップS10の順で、すなわち、バルクチャージ効果、寄生抵抗、実効チャンネル幅に関するモデルパラメータの順番で抽出する。

【0046】また、図15に上記したモデルパラメータ抽出方法を用いたモデルパラメータ抽出装置の構成を示す。すなわち、装置構成としては、複数のサイズのMOSから測定したMOSのデバイス特性データすなわち $V_{ds}-I_{ds}$ 特性および $V_{gs}-I_{ds}$ 特性の測定データを入力し格納しておく測定データ入力部10、測定したMOSのデバイス構造データを入力し格納しておくデバイス構造データ入力部11、パラメータを抽出するパラメータ抽出部13、デバイス特性測定結果と抽出したパラメータを用いてシミュレーションしたシミュレーション結果とを比較表示する測定結果・シミュレーション結果表示部14、抽出したパラメータセットをハードディスク等の記憶装置に出力するパラメータセット出力部16から構成される従来のモデルパラメータ抽出装置に、測定した $V_{ds}-I_{ds}$ 特性および $V_{gs}-I_{ds}$ 特性から、デバイスの短チャンネル効果、狭チャンネル効果、基板効果、サブスレッショルドスイング特性、サーフェスパンチスルー特性等のデバイス特性からなるデバイス特性の中間データを生成するための中間データ生成部12、及び、生成した中間データとこの中間データから抽出したパラメータを用いてシミュレーションしたシミュレーション結果を同時に比較表示する中間データ・シミュレーション結果表示部15を追加することにより実現できる。このようなモデルパラメータ抽出装置は、ワークステーション、CRTや液晶等のディスプレイ装置、ハードディスク等の外部記憶装置を備えたコンピュータシステムで構成可能である。

【0047】従来は、モデルパラメータ一式のすべての値を測定した $V_{ds}-I_{ds}$ 特性と $V_{gs}-I_{ds}$ 特性に合わせ込むように決めていた。これに対して、本発明

ではモデルパラメータを階層的にグループ分けし、また、測定した $V_{ds}-I_{ds}$ 特性と $V_{gs}-I_{ds}$ 特性のデータを処理して生成した中間データ、すなわち、デバイスの短チャンネル効果、狭チャンネル効果、基板効果、サーフェスパンチスルー特性等の中間データから各物理現象毎に対応したモデルパラメータの値を抽出する点が異なる。

【0048】以上、本発明の好適な実施例について説明したが、本発明は前記実施例に限定されることなく、本発明の精神を逸脱しない範囲内において種々の設計変更をなし得ることは勿論である。

【0049】

【発明の効果】前述した実施例から明らかなように、本発明に係るモデルパラメータの抽出方法によれば、測定した $V_{ds}-I_{ds}$ 特性と $V_{gs}-I_{ds}$ 特性のデータからデバイスの短チャンネル効果、狭チャンネル効果、基板効果、サブスレッショルドスイング特性、サーフェスパンチスルー特性等の中間データを生成し、それぞれの特性に対応するモデルパラメータを抽出することにより、物理性の高いモデルパラメータ値を抽出することができる。また、この方法で抽出したモデルパラメータを基にすることによって、高い精度で条件の異なるデバイスのモデルパラメータを生成することができる。

【0050】従来のモデルパラメータの抽出装置に、 $V_{ds}-I_{ds}$ 特性と $V_{gs}-I_{ds}$ 特性から短チャンネル効果や狭チャンネル効果等のデバイス特性からなる中間データを生成するための中間データ生成部と、生成した中間データとシミュレーション結果を同時に比較表示する中間データ・シミュレーション結果表示部を新たに組み込んだ本発明に係るモデルパラメータ抽出装置は、物理現象に則したモデルパラメータ値を抽出できる。このため、特定条件で抽出したモデルパラメータ値であるにもかかわらず、一部のデバイス条件を変更した場合でも、その変更した条件に対応したモデルパラメータを変更するだけで、変更後のデバイス特性を精度良く予測できるモデルパラメータ抽出を可能にする。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のモデルパラメータ抽出方法の処理フローの概要を示す図である。

【図2】基板効果に関するモデルパラメータを抽出するための中間データのデバイス特性とシミュレーション結果の特性を示す図である。

【図3】サブスレッショルドスイング特性に関するモデルパラメータを抽出するための中間データのデバイス特性とシミュレーション結果の特性を示す図である。

【図4】短チャンネルに関するパラメータを抽出するための中間データのデバイス特性とシミュレーション結果の特性を示す図である。

【図5】サーフェスパンチスルー特性に関するモデルパラメータを抽出するための中間データのデバイス特性と



シミュレーション結果の特性を示す図である。

【図6】狭チャネル効果に関するモデルパラメータを抽出するための中間データのデバイス特性とシミュレーション結果の特性を示す図である。

【図7】バルクチャージに関するモデルパラメータを抽出するための中間データのデバイス特性とシミュレーション結果の特性を示す図である。

【図8】実効チャネル長に関するモデルパラメータの抽出に用いる特性図である。

【図9】寄生抵抗に関するモデルパラメータの抽出方法 10 に用いる特性図である。

【図10】実効チャネル幅に関するモデルパラメータの抽出方法に用いる特性図である。

【図11】実寸チャネル長に関するモデルパラメータの抽出に用いる断面構造の模式図である。

【図12】酸化膜厚に関するモデルパラメータの抽出に用いる特性図である。

【図13】移動度に関するモデルパラメータの抽出に用いる特性図である。

【図14】モデルパラメータの抽出順序のフローチャート 20 である。

【図15】本発明のモデルパラメータ抽出装置の概略構成を示す図である。

【図16】従来のモデルパラメータ抽出方法の処理フローの概要を示す図である。

【図17】本発明のモデルパラメータ抽出方法で用いるモデルパラメータの階層的分類を示す一覧表である。

【図18】モデルパラメータ抽出に用いるモデル式(1)を示す図である。

【図19】モデルパラメータ抽出に用いるモデル式(2)を示す図である。

【図20】モデルパラメータ抽出に用いるモデル式(3)と(4)を示す図である。

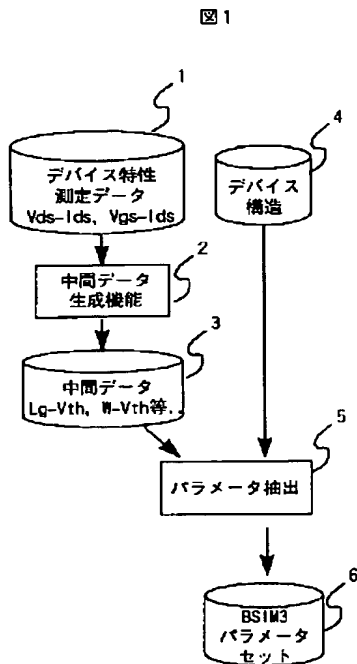
【図21】モデルパラメータ抽出に用いるモデル式(5)～(9)を示す図である。

【図22】モデルパラメータ抽出に用いるモデル式(10)を示す図である。

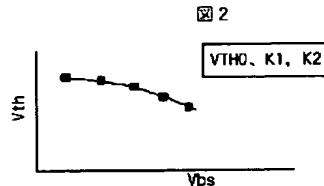
【符号の説明】

1…デバイス特性測定データ、2…中間データ生成機能、3…中間データ、4…デバイス構造データ、5…パラメータ抽出処理、6…モデルパラメータセット、10…測定データ入力部、11…デバイス構造データ入力部、12…中間データ生成部、13…パラメータ抽出部、14…測定結果・シミュレーション結果表示部、15…中間データ・シミュレーション結果表示部、16…パラメータセット出力部。

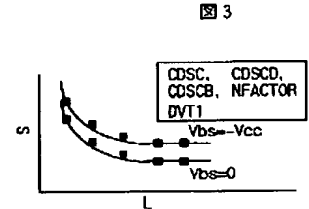
【図1】



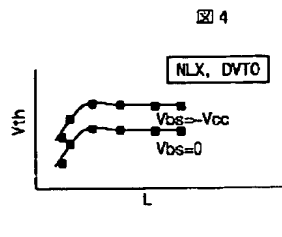
【図2】



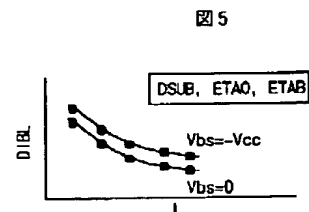
【図3】



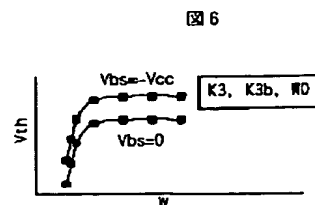
【図4】



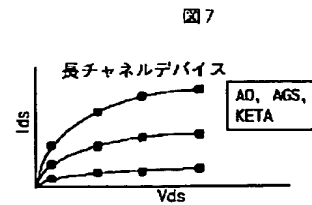
【図5】



【図6】

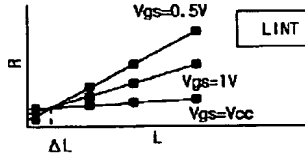


【図7】



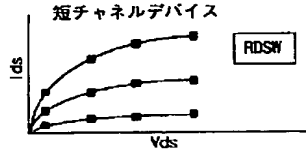
【図8】

図8



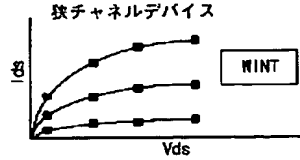
【図9】

図9



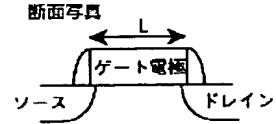
【図10】

図10



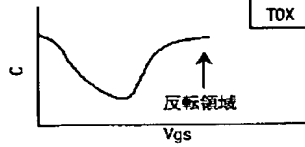
【図11】

図11



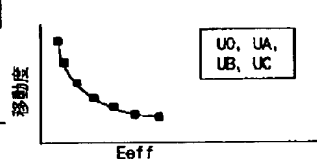
【図12】

図12



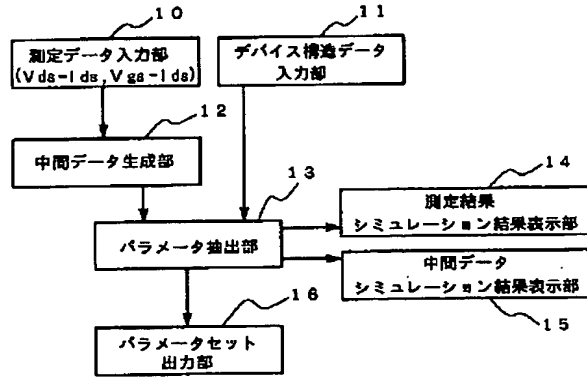
【図13】

図13



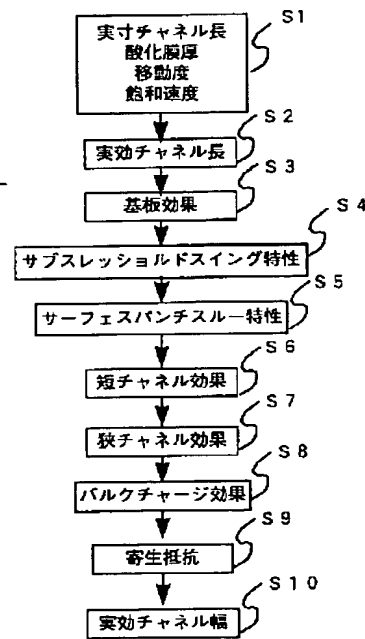
【図15】

図15



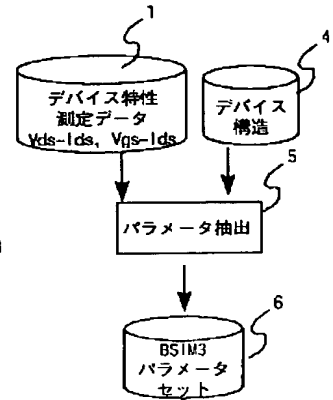
【図14】

図14



【図16】

図16



【図18】

$$\begin{aligned}
 V_{th} = & V_{th0} + K1(\sqrt{\phi_s - V_{bseff}} - \sqrt{\phi_s}) - K2 V_{bseff} \\
 & + K1(\sqrt{1 + \frac{N_A x}{L_{eff}}} - 1)\sqrt{\phi_s} + (K3 + K3b V_{bseff}) \frac{Tox}{W_{eff} + W0} \phi_s \\
 & - Dvt0w(\exp(-Dvt1w \frac{W_{eff} L_{eff}}{2ltw}) + 2\exp(-Dvt1w \frac{W_{eff} L_{eff}}{ltw}))(V_{bi} - \phi_s) \\
 & - Dvt0(\exp(-Dvt1 \frac{W_{eff} L_{eff}}{2lt}) + 2\exp(-Dvt1 \frac{W_{eff} L_{eff}}{lt}))(V_{bi} - \phi_s) \\
 & - (\exp(-D_{sub} \frac{W_{eff} L_{eff}}{2lt0}) + 2\exp(-D_{sub} \frac{W_{eff} L_{eff}}{lt0}))(E_{ta0} + E_{tab} V_{bseff}) V_{ds} \\
 & \dots(1)
 \end{aligned}$$

【図17】

図17

グループ名	パラメータ 種類	物理的意味	抽出する パラメータ名	パラメータを 抽出する特性
物理現象	しきい値	短チャネル効果	NLX, DVT0	L-Vth
		基板効果	VTH0, K1, K2	Vbs-Vth
		狭チャネル効果	K3, K3b, W0	W-Vth
		サブスレッショルド スイング特性	NFACTOR, CDSC, CDSCD, CDSB, DVT1	L-Swing
		サーフェスパンチス ルー特性	DSUB, ETA0, ETAB	L-DIBL
	電流	バルクチャージ効果	A0, AGS, KETA	長チャネル Vds-Ids
		実効チャネル長	LINT	Chern-Terada method
		寄生抵抗	RDSW	短チャネル Vds-Ids
		実効チャネル幅	WINT	狭チャネル Vds-Ids
プロセス	構造	チャネル長	L	チャネル長実 寸値
		酸化膜厚	TOX	C-V測定値
	プロファイル	チャネルドーズ量	NCH	K1, K2から計算
		基板濃度	NSUB	K1, K2から計算
		チャネルインプラ深 さ	XT	K1, K2から計算
定数		移動度	U0, UA, UB, UC	電界-移動度
		飽和速度	VSAT	物理定数
フィッティング		なし	上記以外の パラメータ	

【図19】

$$n = 1 + Nfactor \frac{C_d}{C_{ox}} + \frac{(C_{dsc} + C_{dscd} V_{ds} + C_{dsb} V_{bseff}) (\exp(-Dvt1 \frac{L_{eff}}{2l_t}) + 2 \exp(-Dvt1 \frac{L_{eff}}{l_t}))}{C_{ox}} + \frac{C_{it}}{C_{ox}} \quad \text{図 19}$$

... (2)

【図22】

図22

$$dL = L_{int} + \frac{L_l}{L \ln} + \frac{L_w}{W L \ln} + \frac{L_{wl}}{L \ln W L \ln} \quad \dots (10)$$

【図20】

図20

$$I_{ds} = \frac{I_{ds0}}{1 + \frac{R_{ds} I_{ds0}}{V_{dseff}}} \left(1 + \frac{V_{ds} - V_{dseff}}{V_a}\right) \left(1 + \frac{V_{ds} - V_{dseff}}{V_{ascbe}}\right)$$

.... (3)

$$I_{ds0} = \frac{W_{eff} \mu_{eff} C_{ox} V_{gseff} \left(1 - A_{bulk} \frac{V_{dseff}}{2(V_{gseff} + 2V_t)}\right) V_{dseff}}{L_{eff} \left(1 + \frac{V_{dseff}}{E_{sat} L_{eff}}\right)}$$

.... (4)

【図21】

図21

$$V_{th0} = \phi_s + \frac{\sqrt{2\epsilon_{si} q N_{ch}}}{C_{ox}} \sqrt{\phi_s} \quad \dots (5)$$

$$\gamma^2 = K_1 + 2K_2 \sqrt{\phi_s - V_{bm}} \quad \dots (6)$$

$$\gamma^1 = K_2 \frac{2\sqrt{\phi_s} (\sqrt{\phi_s - V_{bm}} - \sqrt{\phi_s}) + V_{bm}}{(\sqrt{\phi_s - V_{bx}} - \sqrt{\phi_s})} + \gamma^2$$

.... (7)

$$X_t = \sqrt{\frac{2\epsilon_{si}(V_{bx} - \phi_s)}{q N_{ch}}} \quad \dots (8)$$

$$N_{sub} = \frac{\gamma^2{}^2 C_{ox}{}^2}{2q \epsilon_{si}} \quad \dots (9)$$

---

 フロントページの続き

Fターム(参考) 2G003 AA02 AB01 AF02 AH00 AH01

AH05

5B046 AA08 BA03 JA04

5F040 DA00 EA00